

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-208422

(43)Date of publication of application : 26.07.2002

(51)Int.Cl.

H01M 8/04

H01M 8/06

(21)Application number : 2001-001531

(71)Applicant : DENSO CORP

(22)Date of filing : 09.01.2001

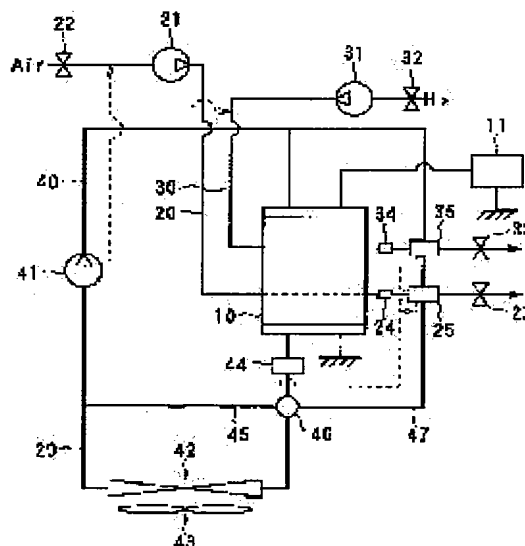
(72)Inventor : SASAKI HIROKUNI
HOTTA NAOTO

(54) FUEL CELL SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a fuel cell system which can eliminate moisture inside the fuel cell after its operation is stopped in a fuel cell system used under a low temperature condition.

SOLUTION: After a normal operation of a fuel cell 10 is stopped, dry gas is supplied to at least either air paths 20, 60 or a hydrogen path 30, and the dry gas, made to contain moisture inside the fuel cell 10 to be wet gas, is exhausted from the fuel cell 10. The air path 60 is provided with a circulating path 64 connecting the downstream side and the upstream side of the fuel cell 10, and remaining heat of the fuel cell 10 is collected by circulating the wet gas from the fuel cell 10 through the circulating path 64 to the air path 60. A gas compressor 61 is arranged upstream the fuel cell 10 in the air path 60 and also at downstream its connecting part with the circulating path 64.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-208422
(P2002-208422A)

(43)公開日 平成14年7月26日(2002.7.26)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコード(参考)
H 0 1 M 8/04		H 0 1 M 8/04	Y 5 H 0 2 7
	8/06	8/06	N
			W

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願2001-1531(P2001-1531)

(22)出願日 平成13年1月9日(2001.1.9)

(71)出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72)発明者 佐々木 博邦

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内

(72)発明者 堀田 直人

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内

(74)代理人 100100022

弁理士 伊藤 洋二 (外2名)

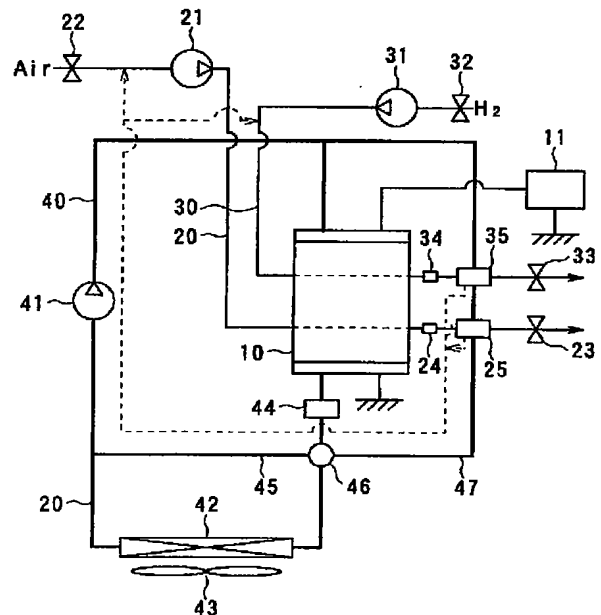
Fターム(参考) 5H027 AA02 MM04 MM09

(54)【発明の名称】 燃料電池システム

(57)【要約】

【課題】 低温環境下で使用する燃料電池システムにおいて、運転停止後、燃料電池内部の水分を除去できることが可能な燃料電池システムを提供する。

【解決手段】 燃料電池10の通常運転停止後、空気経路20、60あるいは水素経路30の少なくとも一方に乾燥ガスを供給し、乾燥ガスに燃料電池10内の水分を含有させて湿潤ガスとして、燃料電池10から排出する。空気通路60には、燃料電池10の下流側と燃料電池10の上流側とを接続する循環経路64を設け、燃料電池10から排出された湿潤ガスを循環経路64を介して空気経路60に循環させることで、燃料電池10の余熱を回収する。空気経路60における燃料電池10の上流側であって循環経路64との接続部の下流側には、ガス圧縮機61が配置されている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 水素経路（30）より供給される水素と空気経路（20、60）より供給される酸素とを電気化学反応させて電力を得る燃料電池（10）を備える燃料電池システムであって、

前記燃料電池（10）の通常運転停止後、前記空気経路（20、60）あるいは前記水素経路（30）の少なくとも一方に乾燥ガスを供給するとともに、前記乾燥ガスに前記燃料電池（10）内の水分を含有させて湿潤ガスとして、前記燃料電池（10）から排出させることを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 2】 前記乾燥ガスは乾燥空気であることを特徴とする請求項 1 に記載の燃料電池システム。

【請求項 3】 前記空気経路（20）あるいは前記水素経路（30）の少なくとも一方における前記燃料電池（10）の下流側に、前記湿潤ガスから水分を分離貯蔵する水分分離貯蔵手段（25、35）を備えていることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の燃料電池システム。

【請求項 4】 前記空気通路（60）には、前記燃料電池（10）の下流側と前記燃料電池（10）の上流側とを接続する循環経路（64）が設けられ、前記燃料電池（10）の通常運転停止後、少なくとも前記空気経路（60）に前記乾燥ガスが供給され、前記燃料電池（10）から排出された前記湿潤ガスを前記循環経路（64）を介して前記空気経路（60）に循環させることで、前記燃料電池（10）の余熱を回収するように構成されていることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の燃料電池システム。

【請求項 5】 前記空気経路（60）における前記燃料電池（10）の上流側であって前記循環経路（64）との接続部の下流側には、ガス圧縮機（61）が配置されていることを特徴とする請求項 4 に記載の燃料電池システム。

【請求項 6】 前記空気経路（60）あるいは前記循環経路（64）の少なくとも一方に、前記湿潤ガスから水分を分離貯蔵する水分分離貯蔵手段が設けられていることを特徴とする請求項 4 または請求項 5 に記載の燃料電池システム。

【請求項 7】 前記水分分離貯蔵手段は、前記空気経路（60）における前記ガス圧縮機（61）と前記燃料電池（10）との間に設けられ、前記水分分離貯蔵手段に貯蔵された水分は、前記燃料電池（10）の通常運転時において前記燃料電池（10）に供給される前記空気あるいは前記水素の少なくとも一方の加湿に用いられることを特徴とする請求項 6 に記載の燃料電池システム。

【請求項 8】 前記水分分離貯蔵手段は、水分貯蔵タンク（68）であることを特徴とする請求項 6 または請求項 7 に記載の燃料電池システム。

【請求項 9】 前記水分分離貯蔵手段は、水分吸着剤（70）あるいは水分吸収材（71）であることを特徴とする請求項 6 または請求項 7 に記載の燃料電池システム。

【請求項 10】 前記水分分離貯蔵手段には、熱媒体が循環するように構成されており、前記湿潤ガスと前記熱媒体との間での熱交換により前記湿潤ガスが冷却されることを特徴とする請求項 6 ないし 9 のいずれか 1 つに記載の燃料電池システム。

【請求項 11】 前記空気経路（20、60）および前記水素経路（30）の両端部には、前記空気経路（20、60）および前記水素経路（30）を遮断する開閉弁（22、23、32、33、62、63）が設けられており、

前記燃料電池（10）の通常運転停止後における前記燃料電池（10）内部の水分除去が終了した後であって、前記燃料電池（10）の運転停止中において、前記開閉弁（22、23、32、33、62、63）により前記空気経路（20、60）および前記水素経路（30）の両端部を遮断することを特徴とする請求項 1 ないし 10 のいずれか 1 つに記載の燃料電池システム。

【請求項 12】 前記燃料電池（10）に供給される前記乾燥ガスを加熱する加熱用ヒータ（69）を備えることを特徴とする請求項 1 ないし 11 のいずれか 1 つに記載の燃料電池システム。

【請求項 13】 電気自動車に搭載され、前記燃料電池（10）は前記電気自動車の走行用モータに電力を供給するものであることを特徴とする請求項 1 ないし 12 のいずれか 1 つに記載の燃料電池システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、水素と酸素との化学反応により電気エネルギー発生させる燃料電池からなる燃料電池システムに関するもので、車両、船舶及びポータブル発電器等の移動体に適用して有効である。

【0002】

【従来の技術】従来より、水素と酸素（空気）との電気化学反応を利用して発電を行う燃料電池を備えた燃料電池システムが知られている。例えば車両用等の駆動源として考えられている高分子電解質型燃料電池では、0℃以下の低温状態では、電極近傍に存在している水分が凍結して反応ガスの拡散を阻害したり、電解質膜の電気伝導率が低下するという問題がある。

【0003】このような低温環境下で燃料電池を起動する際、凍結による反応ガス経路の目詰まりあるいは電解質膜への反応ガス（水素および空気）の進行・到達の阻害により、燃料ガスを供給しても電気化学反応が進行せず、燃料電池を起動できないという問題がある。さらに、反応ガス経路内で結露した水分の凍結によるガス経路の閉塞も生ずる。

【0004】燃料電池を車両用として用いる場合には、あらゆる環境下における始動性が重要となる。このため、従来においては、燃焼式ヒータ等により流体を加熱し、その加熱された流体（温水）を燃料電池に供給することにより、燃料電池を加熱昇温（暖機）して燃料電池を起動するシステムが提案されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところが、このような起動方法では、燃料電池の熱容量が大きいいため昇温に多大な時間を要することとなり、燃料電池を短時間で起動させることが難しい。また、暖機用加熱源としてヒータ等が必要となるため、燃料電池システムを搭載スペースに制約のある車両用として用いる場合には体格の面でも問題となる。

【0006】従って、燃料電池内部での凍結を防止して低温起動性を向上させるためには、低温環境下に凍結する水分を予め燃料電池内部から除去しておくことが望まれる。

【0007】本発明は、上記問題点に鑑み、低温環境下で使用される燃料電池システムにおいて、運転停止後、燃料電池内部の水分を除去できることが可能な燃料電池システムを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1に記載の発明では、水素経路（30）より供給される水素と空気経路（20、60）より供給される酸素とを電気化学反応させて電力を得る燃料電池（10）を備える燃料電池システムであって、燃料電池（10）の通常運転停止後、空気経路（20、60）あるいは水素経路（30）の少なくとも一方に乾燥ガスが供給されるとともに、乾燥ガスは燃料電池（10）内の水分を含有して湿潤ガスとなり、燃料電池（10）から排出されることを特徴としている。

【0009】これにより、燃料電池（10）の運転停止後、燃料電池（10）内の水分を乾燥除去することができ、低温環境下においても燃料電池（10）の内部凍結を回避することができる。従って、ガス経路（20、30）および燃料電池（10）内で目詰まりを起こすことがなく、低温環境下においても速やかに起動することができ、低温起動性の優れた燃料電池システムを提供することができる。

【0010】なお、乾燥ガスは、燃料電池（10）内に残留する水分を除去するために、できるだけ低湿度であることが望ましく、少なくとも燃料電池（10）内の湿度より低湿度である必要がある。具体的には、請求項2に記載の発明のように、乾燥ガスとして乾燥空気を用いることができる。

【0011】また、請求項3に記載の発明では、空気経路（20）あるいは水素経路（30）の少なくとも一方における燃料電池（10）の下流側に、湿潤ガスから水

分を分離貯蔵する水分分離貯蔵手段（25、35）を備えていることを特徴としている。

【0012】また、請求項4に記載の発明では、空気経路（60）には、燃料電池（10）の下流側と燃料電池（10）の上流側とを接続する循環経路（64）が設けられ、燃料電池（10）の通常運転停止後、少なくとも空気経路（60）に乾燥ガスが供給され、燃料電池（10）から排出された湿潤ガスを循環経路（64）を介して空気経路（60）に循環させることで、燃料電池（10）の余熱を回収するように構成されていることを特徴としている。

【0013】燃料電池（10）は通常運転時において、約80℃の定温に維持されており、運転停止時においても燃料電池（10）本体の熱容量が大きいいため、運転停止後もしばらくの間は余熱として残る。従って、このように燃料電池（10）から排出されたガスを循環させることで、燃料電池（10）から余熱を回収することができ、燃料電池（10）と等温の80℃のページ用温風を得ることができる。

【0014】また、請求項5に記載の発明では、空気経路（60）における燃料電池（10）の上流側であって循環経路（64）との接続部の下流側には、ガス圧縮機（61）が配置されていることを特徴としている。

【0015】これにより、ガス圧縮機（61）の断熱圧縮による加熱で乾燥ガスを昇温させることができ、燃料電池内の水分除去に適した温風を燃料電池（10）に再度供給することができる。また、燃料電池（10）からの回収蒸気を多く含んだ湿潤ガスは、ガス圧縮機（61）を通過する際に空気容積が圧縮されることで相対的に水分濃度が高くなる。このため、大気圧下での通常の露点温度より高い温度でも、湿潤ガス中からの水分分離が容易となる。

【0016】また、請求項6に記載の発明では、空気経路（60）あるいは循環経路（64）の少なくとも一方に、湿潤ガスから水分を分離貯蔵する水分分離貯蔵手段が設けられていることを特徴としている。

【0017】また、請求項7に記載の発明では、水分分離貯蔵手段は、空気経路（60）におけるガス圧縮機（61）と燃料電池（10）との間に設けられ、水分分離貯蔵手段に貯蔵された水分は、燃料電池（10）の通常運転時において燃料電池（10）に供給される空気あるいは水素の少なくとも一方の加湿に用いられることを特徴としている。

【0018】これにより、湿潤空気から分離した水分を、燃料電池（10）内の電解質膜を電気化学反応のために水分を含んだ状態にするために利用できる。従って、別個に加湿装置を設ける必要が無くなり、システムの小型化を図ることができる。

【0019】また、水分分離貯蔵手段は、請求項8に記載の発明のように水分貯蔵タンク（68）とすることが

でき、また、請求項 9 に記載の発明のように水分吸着剤（70）あるいは水分吸収材（71）とすることができ

【0020】また、請求項 10 に記載の発明では、水分分離貯蔵手段には、熱媒体が循環するように構成されており、湿潤ガスと熱媒体との間での熱交換により湿潤ガスが冷却されることを特徴としている。これにより、湿潤ガスから効率的に水分を分離することが可能となる。

【0021】また、請求項 11 に記載の発明では、空気経路（20、60）および水素経路（30）の両端部には、空気経路（20、60）および水素経路（30）を遮断する開閉弁（22、23、32、33、62、63）が設けられており、燃料電池（10）の通常運転停止後における燃料電池（10）内部の水分除去が終了した後であって、燃料電池（10）の運転停止中において、開閉弁（22、23、32、33、62、63）により空気経路（20、60）あるいは水素経路（30）の両端部を遮断することを特徴としている。

【0022】これにより、燃料電池（10）内部の水分除去終了後、燃料電池（10）の運転停止中において、外部環境から燃料電池（10）内部への水蒸気混入を防止することができる。

【0023】また、請求項 12 に記載の発明では、燃料電池（10）に供給される乾燥ガスを加熱する加熱用ヒータ（69）を備えることを特徴としている。これにより、燃料電池（10）に温風を供給でき、燃料電池（10）内の水分除去を促進できる。

【0024】また、請求項 13 に記載の発明では、電気自動車に搭載され、燃料電池（10）は電気自動車の走行用モータに電力を供給するものであることを特徴としている。これにより、燃料電池（10）を駆動用動力源とする電気自動車を低温環境下で使用した場合でも、燃料電池（10）内部の凍結を防止することができ、速やかに燃料電池（10）を起動させることができる。

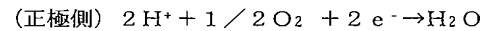
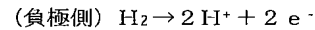
【0025】なお、上記各手段の括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示すものである。

【0026】

【発明の実施の形態】（第 1 実施形態）以下、本発明の第 1 実施形態を図 1～図 3 に基づいて説明する。本第 1 実施形態は、燃料電池システムを燃料電池を電源として走行する電気自動車（燃料電池車両）に適用したものである。図 1 は、第 1 実施形態の燃料電池システムの全体構成を示している。

【0027】図 1 に示すように、本実施形態の燃料電池システムは、水素と酸素との電気化学反応を利用して電力を発生する燃料電池（FC スタック）10 を備えている。この FC スタック 10 は、車両走行用の電動モータ（負荷）11 や 2 次電池（図 1 中では図示せず）等の電気機器に電力を供給するものである。本実施形態では F

C スタック 10 として固体高分子電解質型燃料電池を用いており、基本単位となるセルが複数積層されて構成されている。各セルは、電解質膜が一对の電極で挟まれた構成となっている。FC スタック 10 では、以下の水素と酸素の電気化学反応が起こり電気エネルギーが発生する。



燃料電池システムには、FC スタック 10 の酸素極（正極）側に空気（酸素）を供給するための空気経路 20 と、FC スタック 10 の水素極（負極）側に水素を供給するための水素経路 30 が設けられている。空気経路 20 には空気供給用の空気ポンプ 21 が設けられており、FC スタック 10 の通常運転時には空気が導入される。水素経路 30 には水素供給用の水素ポンプ 31 が設けられており、通常運転時には図示しない水素供給装置より水素が供給される。発電時の電気化学反応のために FC スタック 10 内の電解質膜を水分を含んだ状態にしておく必要がある。このため、通常運転時において FC スタック 10 には加湿された空気および水素が供給される。これにより、FC スタック 10 内部は湿潤状態で作動することとなる。また、酸素極側では上記電気化学反応により水分が生成する。

【0028】また、通常運転停止後の水分除去制御時には、空気経路 20 および水素経路 30 には乾燥ガスが供給される。この乾燥ガスは、FC スタック 10 内に残留する水分を除去するために、できるだけ低湿度であることが望ましく、少なくとも FC スタック 10 内の湿度より低湿度である必要がある。

【0029】空気経路 20 および水素経路 30 に供給する乾燥ガスは、空気と水素の組み合わせ以外であればよい。すなわち、FC スタック 10 に空気と水素を供給すると発電するとともに水分が生成するため水分除去の観点から好ましくない。本第 1 実施形態では、乾燥ガスとして空気経路 20 および水素経路 30 の双方に加湿されていない空気が供給される。

【0030】なお、空気経路 20 および水素経路 30 の双方に乾燥ガスとして乾燥水素を供給するように構成してもよい。また、空気経路 20 および水素経路 30 のいずれか一方あるいは双方に窒素のような不活性ガスを供給してもよい。

【0031】空気経路 20 の両端部には、空気経路 20 内部を外気から遮断するためのシャットバルブ（開閉弁）22、23 が設けられている。水素経路 30 の両端部にも、同様のシャットバルブ 32、33 が設けられている。

【0032】空気経路 20 および水素経路 30 における FC スタック 10 の下流側には、FC スタック 10 を通過したガスの湿度および温度を検出する湿度・温度センサ 24、34 がそれぞれ設けられている。空気経路 20

および水素経路 30 における湿度・温度センサ 24、34 の下流側には、気液分離器 25、35 がそれぞれ設けられている。これらの気液分離器 25、35 では、空気経路 20 あるいは水素経路 30 における FC スタック 10 通過後の水分を含んだ湿潤ガスと、後述する冷却水経路 40 の冷却水との間で熱交換を行うように構成されている。気液分離器 25、35 では、冷却により凝縮したガス中の水分を貯蔵するように構成されている。気液分離器 25、35 にて分離貯蔵された水分は、FC スタック 10 の通常運転時において、FC スタック 10 に供給される空気および水素の加湿に用いられる。

【0033】FC スタック 10 は発電に伴い発熱を生じる。このため、燃料電池システムには、FC スタック 10 を冷却して作動温度が電気化学反応に適温（80℃程度）となるよう冷却システム 40～47 が設けられている。

【0034】冷却システムには、FC スタック 10 に冷却水（熱媒体）を循環させる冷却水経路 40、冷却水を循環させるウォータポンプ 41、ファン 43 を備えたラジエータ 42 が設けられている。FC スタック 10 で発生した熱は、冷却水を介してラジエータ 42 で系外に排出される。

【0035】冷却水経路 40 における FC スタック 10 の下流側には、FC スタック 10 の発熱量（温度）を検出するための温度センサ 44 が設けられている。

【0036】また、冷却水経路 40 には、冷却水をラジエータ 42 をバイパスさせるためのバイパス経路 45 と、冷却水を上記気液分離器 25、35 に循環させるためのガス冷却経路 46 とが分岐しており、流路切替バルブ 47 により冷却水の流路が切り替えられる。

【0037】このような冷却系により、ウォータポンプ 41 により流量制御、ラジエータ 42 およびファン 43 による風量制御、流路切替バルブ 47 による冷却水経路およびバイパス経路との流量配分により冷却温調を行うことができる。

【0038】図 2 は、本実施形態の燃料電池システムの制御系を示している。図 2 に示すように、燃料電池システムには各種制御を行う制御部（ECU）50 が設けられている。制御部 50 には、負荷 11 からの要求電力信号、外気温センサ 12 からの外気温信号、湿度・温度センサ 24、34 からの湿度・温度信号、温度センサ 44 からの温度信号が入力される。また、制御部 50 は、2 次電池 13、空気ポンプ 21、水素ポンプ 31、ウォータポンプ 41、シャットバルブ 25、26、35、36、流路切替バルブ 46 等に制御信号を出力するように構成されている。

【0039】以下、上記構成の燃料電池システムの作動を図 3 に基づいて説明する。図 3 は燃料電池システムの通常運転停止後における水分除去制御時の作動を示すフローチャートである。

【0040】燃料電池システムの通常運転における作動について説明する。負荷 11 からの電力要求に応じて、FC スタック 10 への空気（酸素）および水素の供給が行われる。FC スタック 10 では電気化学反応により発電が起こり、発電した電力は負荷 11 に供給される。

【0041】また、FC スタック 10 では発電に伴う発熱が起こる。FC スタック 10 では、作動時に安定出力を得るために FC スタック 10 本体を定温（80℃程度）に維持する必要があるため、冷却水経路 40 を流れる冷却水により FC スタック 10 の冷却が行われる。

【0042】燃料電池システムでは、電気化学反応の進行に際して FC スタック 10 の電解質膜を湿潤状態に保つため、空気経路 20 を流れる空気および水素経路 30 を流れる水素を加湿した上で、FC スタック 10 に供給している。加湿は、気液分離器 24、34 に貯蔵されている水を用いる。反応後のガスは、FC スタック 10 の電気化学反応による生成水を吸収した湿潤ガスとなり、外部に放出される。

【0043】このように、通常運転時には、FC スタック 10 内部は湿潤状態で作動しているため、FC スタック 10 の運転停止後、FC スタック 10 内部には水分が残留することになる。

【0044】次に、通常運転停止後における FC スタック 10 の水分除去制御について説明する。まず、通常運転停止後に FC スタック 10 内の水分パーセント（水分除去）が必要か否かを判定する（ステップ S10）。水分パーセントを行うか否かの判定は、運転停止時の環境温度（外気温）や季節情報等を考慮して行う。すなわち、環境温度が 0℃以下であるか、あるいは冬季等であり気温の低下が予測されるいった条件に基づいて水分パーセントの必要性についての判定を行う。当然のことながら、夏場などの条件では凍結のおそれがないため、水分パーセントは必要とならない。

【0045】また、FC スタック 10 の運転停止時に、運転者による FC スタック 10 停止時間の予想時間を入力するように構成してもよい。これは、FC スタック 10 の停止時に環境温度が氷結点以下であったとしても、FC スタック 10 の予熱が十分あるため、瞬時に FC スタック 10 が氷結点以下とはならず、しばらくは高温が維持されるためである。従って、10 時間程度（一昼夜）の停止時間内であれば、運転停止時の残留水パーセントを行う必要がない。

【0046】水分パーセントを行う必要があると判定された場合には、空気ポンプ 21 および水素ポンプ 31 を作動させる（ステップ S11）。このとき、FC スタック 10 は停止しているため、2 次電池 13 からの電力供給によりポンプ 21、31 を作動させる。これにより、空気経路 20 から加湿されない乾燥空気が FC スタック 10 の酸素極側に供給され、水素経路 30 から加湿されない乾燥空気が FC スタック 10 の水素極側に供給される

(ステップ S 12)。

【0047】空気経路 20 および水素経路 30 より FC スタック 10 に供給された乾燥空気は、FC スタック 10 内の残留水分を含んで湿潤空気となり、FC スタック 10 より流出する。このように、FC スタック 10 内に乾燥空気を流し続けることで、FC スタック 10 内に残留する水分を FC スタック 10 内から排出することができる。FC スタック 10 より流出した湿潤空気は、気液分離器 25、35 にて冷却されて空気と水に分離され、水は気液分離器 25、35 内に貯蔵される (ステップ S 13)。

【0048】次に、湿度・温度センサ 24、34 により FC スタック 10 より流出する空気の湿度を検出し、FC スタック 10 内の残留水分が除去できたか否かを判定する (ステップ S 14)。この結果、FC スタック 10 内に残留水分が存在している場合には、上記ステップ S 11～S 13 の水分除去制御を繰り返し行う。

【0049】一方、FC スタック 10 内に残留水分が存在していない場合には、ポンプ 21、31 を停止して FC スタック 10 への乾燥空気の供給を停止する (ステップ S 15)。その後、空気経路 20 および水素経路 30 におけるそれぞれの両端部に設けられたシャットバルブ 22、23、32、33 を閉じる (ステップ S 16)。これにより、空気経路 20 および水素経路 30 の内部は外気から遮断される。従って、車両を低温環境下に長時間放置しても外部環境からの水蒸気混入を防止することができ、FC スタック 10 内は乾燥状態を保つことができる。なお、シャットバルブ 22、23、32、33 による遮断の際、FC スタック 10 内を若干正圧に保つことができれば、FC スタック 10 内の気密性をより高くすることができる。

【0050】以上、本第 1 実施形態によれば、FC スタック 10 の運転停止後、FC スタック 10 内の水分を乾燥除去することができるため、低温環境下においても内部凍結を回避することができる。従って、ガス経路 20、30 および FC スタック 10 内での目詰まりを起こすことがないため、低温起動性の優れた燃料電池システムを提供することができる。

【0051】(第 2 実施形態) 次に、本発明の第 2 実施形態を図 4、図 5 に基づいて説明する。本第 2 実施形態の燃料電池システムは、上記第 1 実施形態と比較して、運転停止後の水分除去制御において、FC スタックに空気を循環させることができるように構成されている点異なる。また、本第 2 実施形態の水分除去制御では、FC スタックの水素極側の水分除去は行っていない。なお、上記第 1 実施形態と同様の部分については同一の符号を付して説明を省略する。

【0052】図 4 に示すように、FC スタック 10 に供給される空気が通過する空気経路 60 には、圧縮式送風機であるガス圧縮機 (コンプレッサ) 61 が設けられて

いる。また、空気経路 60 には、FC スタック 10 の下流側と上流側とを接続する循環経路 64 が設けられている。コンプレッサ 61 は、FC スタック 10 の上流側における空気経路 60 と循環経路 64 との接続部の下流側に配置されている。FC スタック 10 の下流側における空気経路 60 と循環経路 64 との接合部には流路切替バルブ 65 が設けられている。

【0053】空気経路 60 には、FC スタック 10 の上流側および下流側に空気経路 60 を通過するガスの湿度および温度を検出する湿度・温度センサ 66、67 が設けられている。水分パージ用の乾燥ガス (パージ温風) は、最低限 FC スタック 10 本体の温度より高くする必要があり、さらに水分を蒸発させるためにできるだけ高温であることが望ましいが、FC スタック 10 の耐熱温度 (約 100℃) の関係から、乾燥ガスの所定上限温度 T_{max} (例えば 150℃程度) が設定されている。

【0054】また、空気経路 60 におけるコンプレッサ 61 と FC スタック 10 の間には、空気経路 60 にて空気と分離した水を回収する水回収タンク 68 が設けられている。水回収タンク 68 で回収された水は、FC スタック 10 の通常運転時に、FC スタック 10 に供給される空気および水素の加湿に利用される。

【0055】また、水回収タンク 68 には、低温下での凍結防止用として、保温機能 (断熱構造) を持たせるように構成してもよく、あるいは電気式ヒータ等の加熱手段を設けて、低温による凍結を防止するように構成することもできる。また、回収水にメタノールなどのアルコール系の凍結防止剤を混合して、不凍液を生成してもよい。

【0056】以下、本第 2 実施形態の燃料電池システムにおける通常運転停止後の水分除去制御を図 5 のフローチャートに基づいて説明する。

【0057】まず、FC スタック 10 の通常運転停止後、FC スタック 10 内の水分パージ (水分除去) が必要か否かを判定する (ステップ S 20)。この結果、水分パージが必要であると判定された場合には、本第 2 実施形態における FC スタック 10 の酸素極側の水分除去制御に先立ち、FC スタック 10 の水素極側の水分除去を行う (ステップ S 21)。例えば、水素極に除湿しない乾燥水素を供給し酸素極に除湿しない乾燥空気を供給して、仮の FC スタック 運転を行うことにより、水素極側の水分除去を行うことができる。すなわち、水素極側に残留する水分は、電気化学反応に伴い電解質膜中を水素イオンとともに酸素極側に随伴移動するため、水素極側に残留していた水分は失われ、水素極側は乾燥に向かう。

【0058】次に、本第 2 実施形態の酸素極側の水分除去制御を行う。まず、コンプレッサ 61 を作動させる (ステップ S 22)。このとき、FC スタック 10 は停止しているため、2 次電池 13 からの電力供給によりコ

ンプレッサ 61 を作動させる。これにより、空気経路 60 から加湿されない乾燥空気が FC スタック 10 の酸素極側に供給される。この乾燥空気は酸素極における残留水分を含んで湿潤空気となり、FC スタック 10 より流出する。これにより、FC スタック 10 内に残留する水分を FC スタック 10 内から排出することができる。

【0059】次に、FC スタック 10 の下流側の湿度・温度センサ 66 により FC スタック 10 に流入する空気温度 T を検出し、空気温度 T が所定上限温度 T_{max} より低いかなかを判定する（ステップ S23）。この結果、空気温度 T が所定上限温度 T_{max} を超えている場合

には、流路切替バルブ 65 を排出側に切り替えて、高温となった空気を外部に排出する（ステップ S24）。
【0060】一方、空気温度 T が所定上限温度 T_{max} を超えていない場合には、流路切替バルブ 65 を循環経路 64 側に切り替える（ステップ S25）。これにより、FC スタック 10 を通過した空気は循環経路 64 を介して空気経路 60 の FC スタック 10 上流側に戻り、コンプレッサ 61 に再供給される。

【0061】ここで、FC スタック 10 は通常運転時において、約 80℃ の定温に維持されており、運転停止時においても FC スタック 10 本体の熱容量が大きい

ため、運転停止後もしばらくの間は余熱として残る。従って、FC スタック 10 を通過したパージ用ガスを循環させることで、FC スタック 10 から余熱を回収することができ、FC スタック 10 と等温の 80℃ のパージ用温風が得られる。

【0062】さらに、FC スタック 10 より排出されたパージ用温風を、再度コンプレッサ 61 に戻すことで、コンプレッサ 61 の断熱圧縮による加熱でさらに温度上昇し、水分パージに適した温風を FC スタック 10 に再度供給することができる。

【0063】なお、コンプレッサ 61 から圧送される空気の温度を制御するには、燃料電池システムの運転としては必ずしも最高効率点ではない状態でコンプレッサ 61 の運転を行う必要がある。このため、コンプレッサ 61 をより高圧側にシフトさせた作動点で意図的に運転し、これによって高い圧送空気温度を得ることができる。

【0064】また、FC スタック 10 からの回収蒸気を多く含んだ湿潤空気は、コンプレッサ 61 を通過する際に空気容積が圧縮されることで相対的に水分濃度が高くなる。このため、大気圧下での通常の露点温度より高い温度でも、空気中からの水分分離が容易となる。従って、FC スタック 10 より排出された湿潤空気を、コンプレッサ 61 に通過させることで乾燥高温空気にすることができる。コンプレッサ 61 によるガス圧縮にて空気から分離した水分は、水回収タンク 68 にて回収される（ステップ S26）。

【0065】次に、湿度・温度センサ 67 により FC ス

タック 10 より流出する空気の湿度を検出し、FC スタック 10 内の残留水分が除去できたかなかを判定する

（ステップ S27）。この結果、FC スタック 10 内に残留水分が存在している場合には、上記ステップ S22 ～ S26 の水分除去制御を繰り返し行う。

【0066】一方、FC スタック 10 内に残留水分が存在していない場合には、コンプレッサ 61 を停止して FC スタック 10 への乾燥空気の供給を停止する（ステップ S28）。その後、空気経路 20 および水素経路 30 におけるそれぞれの両端部に設けられたシャットバルブ 62、63 を閉じる（ステップ S29）。これにより、空気経路 60 の内部は外気から遮断され、外気からの水蒸気混入を防止することができ、FC スタック 10 内は乾燥状態を保つことができる。

【0067】以上、本第 2 実施形態のように、FC スタック 10 の運転停止後、温風循環を繰り返すことで、FC スタック 10 における酸素極側の残留水分を完全に乾燥し、除去することができる。これにより、低温時にも FC スタック 10 内で凍結を生じることがなく、低温機動性に優れた燃料電池システムを提供することができる。

【0068】また、空気経路 60 に設けた循環経路 64 により FC スタック 10 より排出された空気を循環させることで、FC スタック 10 の余熱を回収することができ、パージ用温風の加熱に利用できる。

【0069】また、パージ用温風に燃焼ヒータの排ガスを利用する場合を考えると、排ガス温度が数百℃と高すぎるため、そのままの温度では、FC スタック 10 には供給できない。そのために排ガスの冷却が必要となり、エネルギーの利用は効率的ではない。さらには、排ガス量においても、燃焼の条件（燃焼量）に左右されるため、大きな流量を確保することは、燃焼量の増大につながるため、燃焼器の体格上、搭載は難しい。

【0070】これに対して、本第 2 実施形態の燃料電池システムでは、空気経路 60 に空気を圧送するガス圧縮機 61 を設けるだけで、断熱圧縮によるパージ用温風の加熱および FC スタック 10 から排出された湿潤空気からの水分分離を行うことができる。従って、FC スタック 10 を破壊しない適当な高温、低湿度、大流量のパージ用温風を得ることができる。

【0071】また、低温起動時には、FC スタック 10 の発電に伴う発熱により、FC スタック 10 の温度は自己加熱的に上昇し、作動の最適温度の 80℃ まで到達する。この過程での FC スタック 10 の温度が低い状態では、FC スタック 1 の発電効率が悪いと、殆どが発電ロス、すなわち廃熱に変わる。このため、FC スタック 10 の自己加熱に適している。この際、FC スタック 10 温度が 0℃ 以下であることに起因する、FC スタック 10 内部での電気化学反応による生成水の再凍結は、この廃熱により回避することができる。

【0072】（他の実施形態）なお、上記第1実施形態では、空気経路20および水素経路30の双方に乾燥ガスを供給し、FCスタック10の酸素極側および水素極側の双方の水分パージを行うよう構成しているが、空気経路20あるいは水素経路30のいずれか一方のみに上記第1実施形態の水分除去制御を行い、他方は他の手段により水分除去を行うように構成してもよい。

【0073】また、上記第2実施形態では、ガス圧縮機61の断熱圧縮によりパージ温風の加熱を行ったが、図6に示すように、空気経路60におけるFCスタック10の上流側に、パージ温風の補助加熱用として例えば電気式加熱ヒータ（加熱手段）69を設けてもよい。

【0074】このような構成により、ガス圧縮機61の断熱圧縮のみでは十分なパージ温風温度が得られない場合にも、有効にパージ温風を昇温させることができる。さらに、FCスタック10の低温起動時において、加熱ヒータ69により供給ガスを加熱することでFCスタック10本体の加熱を行うことができる。

【0075】また、上記第1実施形態における燃料電池システムの構成においても、空気経路20あるいは水素経路30におけるFCスタック10の上流側に加熱ヒータ等の加熱手段を設け、FCスタック10に供給される乾燥ガスを加熱するように構成してもよい。このような構成により、FCスタック10内に残留する水分の蒸発を促進できる。

【0076】また、上記第1実施形態における燃料電池システムの構成において、FCスタック10に冷却された乾燥ガスを供給するように構成してもよい。冷却された乾燥ガスをFCスタック10に供給することにより、FCスタック10内の水分が結露して水滴となり、水滴はガス流によりFCスタック10の出口側に押し出される。この結果、FCスタック10内の水分は水滴となってFCスタック10内から排出される。この際、空気経路20あるいは水素経路30におけるFCスタック10出口側に弁を設け、背圧を調整するようにしてもよい。このような構成により、弁を開放することで、FCスタック10内の水滴が飛び出し易くなる。

【0077】また、上記第2実施形態では水回収タンク68にてFCスタック10から排出される湿潤空気の水分を回収したが、これに限らず、水分吸着剤や水分吸収剤といった水分貯蔵材を空気経路60に配置して水分を回収するように構成してもよい。

【0078】具体的には、図7に示すように、空気経路60にシリカゲル等の水分吸着剤70を設けるように構成してもよい。これによっても、FCスタック10から排出された湿潤空気から水分を回収することができる。このように水分吸着剤70を用いた場合には、水分吸着によって乾燥空気が得られるとともに、吸着に伴う発熱によってパージ温風を昇温させることができる。

【0079】水分貯蔵材70は、空気経路60あるいは

循環経路64のいずれの箇所にも設けてもよいが、図7に示すように、空気経路60におけるガス圧縮機61とFCスタック10との間であれば、ガス圧縮機61により圧縮された空気からの水分を回収しやすく、また、水分吸着剤70に吸着された水分を、FCスタック10の通常運転時に、FCスタック10に供給される空気および水素の加湿に利用することができる。

【0080】さらに、図8に示すように、空気経路60あるいは循環経路64のいずれかの部位の配管内壁に、ウィックのような水分吸収材71を設けてもよい。これによっても、FCスタック10から排出された湿潤空気から水分を回収することができる。水分吸収材71も、空気経路60あるいは循環経路64のいずれの箇所にも設けてもよいが、空気経路60におけるガス圧縮機61とFCスタック10との間であれば、ガス圧縮機61により圧縮された空気からの水分を回収しやすく、また、水分吸着剤70に吸着された水分を、FCスタック10の通常運転時に、FCスタック10に供給される空気および水素の加湿に利用することができる。

【0081】また、上記第2実施形態において、循環経路64を金属配管とすることで、循環経路64における冷却効率を向上させることができる。これにより、FCスタック10から排出された湿潤温風の温度を低下させ、温風中に含まれる水分を液化させて分離することができる。また、金属配管の表面に空冷用のフィンを形成してもよい。

【0082】また、上記第2実施形態においても、上記第1実施形態と同様に空気経路60に熱交換構造を備える気液分離器を設け、FCスタック10通過後の水分を含んだ湿潤ガスと冷却水経路40の冷却水との間で熱交換できるように構成してもよい。これにより、湿潤ガスを効果的に冷却することができ、湿潤ガス中の水分を分離しやすくなる。

【0083】また、上記各実施形態では、水分パージの終了は、FCスタック10から排出されたガスの湿度を検出することで行ったが、これに限らず、水分パージを行う時間を予め設定しておき、タイマーにより水分パージの終了を判断してもよい。水分パージを行う時間は、FCスタック10の運転時間や運転時のFCスタックの出力等の情報によりFCスタック内の残留水分量を推測し、パージ温風の温度、流量、湿度等の条件に基づいて、FCスタック10内の乾燥が完全に終了するのに必要な所要時間を演算して求めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】上記第1実施形態の燃料電池システムの全体構成を示す概略図である。

【図2】図1の燃料電池システムの制御系の説明図である。

【図3】図1の燃料電池システムの水分除去制御時の作動を示すフローチャートである。

【図4】 上記第2実施形態の燃料電池システムの全体構成を示す概略図である。

【図5】 図4の燃料電池システムの水分除去制御時の動作を示すフローチャートである。

【図6】 上記第3実施形態の燃料電池システムの全体構成を示す概略図である。

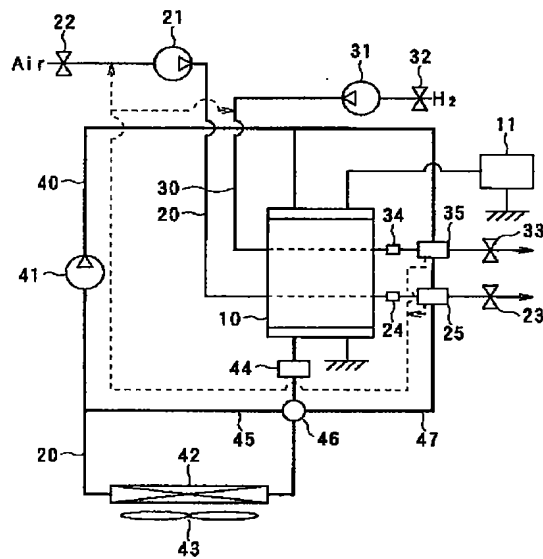
【図7】 燃料電池システムの変形例を示す概略図である。

【図8】 燃料電池システムの変形例における空気経路あるいは循環経路を示す斜視図である。

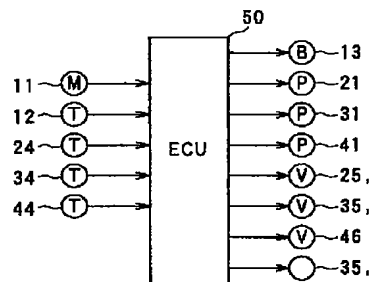
【符号の説明】

10…燃料電池（FCスタック）、11…負荷、20、60…空気経路、22、23、32、33、62、63…シャットバルブ、30…水素経路、61…ガス圧縮機、64…循環経路、

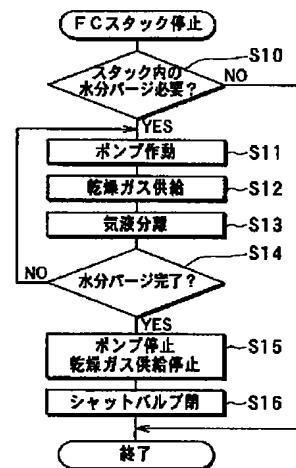
【図1】



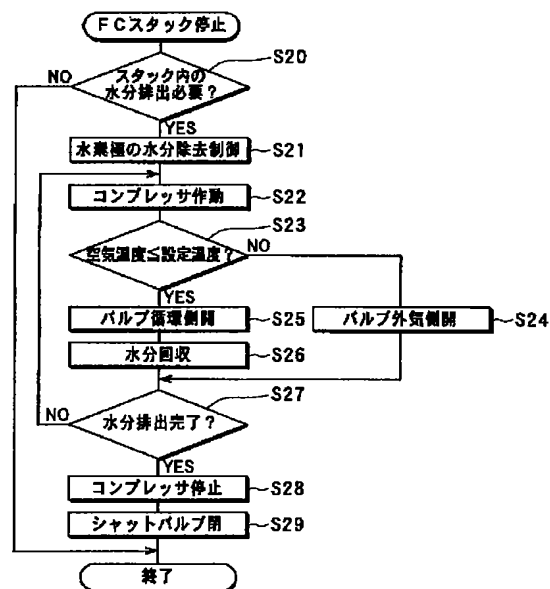
【図2】



【図3】



【図5】



【図4】

